

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-338944

(43)Date of publication of application : 24.12.1996

(51)Int.Cl. G02B 9/04
G02B 13/18

(21)Application number : 08-123875

(71)Applicant : EASTMAN KODAK CO

(22)Date of filing : 10.04.1996

(72)Inventor : LEWIS ALAN EDWARD

(30)Priority

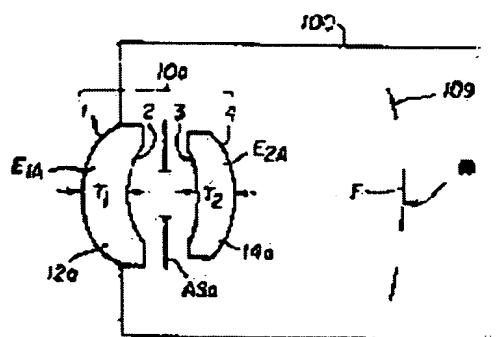
Priority number : 95 427552 Priority date : 24.04.1995 Priority country : US

(54) OPTICAL SYSTEM CONSTITUTED OF TWO OPTICAL ELEMENTS, CAMERA WITH IT, AND MANUFACTURE OF CAMERA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture an improved two-member or two-element lens system having a curved image surface by providing an optical system having the total angular field of view of the specific angle or above and a curved image practically corresponding to the image surface of a camera.

SOLUTION: The front lens member 12a of an optical system 10a is an irregular lens member E1A having a concave surface in the direction of an aperture stop ASa, and the rear lens member 14a is an irregular lens member E2A having a concave surface in the direction of the aperture stop ASa. The optical system 10a has the total angular field of view of at least 62.5° , preferably 70° or above, and it has a curved image practically corresponding to the image surface of a camera in the length direction. The lens members E1A, E2A are both positive lenses, and they are made of a plastic of the same type. The front lens member E1A has both aspheric surfaces, and the second lens member E2A has no aspheric surface. When one lens is made aspheric on both faces, a very good optical aberration correction is obtained.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

01.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-338944

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 9/04 13/18			G 0 2 B 9/04 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D 外国語出願 (全 111 頁)

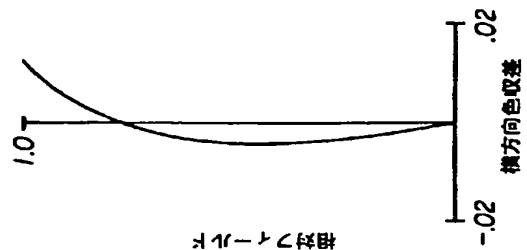
(21) 出願番号	特願平8-123875	(71) 出願人	590000846 イーストマン コダック カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク14650、ロ チェスター、ステイト ストリート343
(22) 出願日	平成8年(1996)4月10日	(72) 発明者	アラン・エドワード・ルイス アメリカ合衆国・ニューヨーク・14606・ ロチェスター・ランドストーン・テラス・ 12
(31) 優先権主張番号	4 2 7, 5 5 2	(74) 代理人	弁理士 志賀 正武 (外6名)
(32) 優先日	1995年4月24日		
(33) 優先権主張国	米国 (U S)		

(54) 【発明の名称】 二つの光学要素からなる光学システム、それを用いたカメラ、及び該カメラの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 カメラの対物レンズにとっては、広角であり、性能のよい高速のレンズシステムを備えるのが有利であるが、これを、二つのレンズ部材で達成するのは困難である。安価で生産することのできる簡単な構造のレンズシステムに対する要求が存在する。

【解決手段】 湾曲した像面を有する使い捨てカメラ (100) のような写真デバイスに使用するのに適した、一方が両面比球レンズ部材である2つのレンズ部材 (E1k-E2k) からなる光学システム。この光学システムは、高性能を維持しながら、低いFナンバーで操作可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 安価なカメラ用の光学システム（10_a～10_i）であって、像面が該光学システムに向かって湾曲しており、該光学システムは、たった2つの単一レンズ部材（12_a～12_i、および14_a～14_i）と、それらの中間に配設された開口絞り（AS_a～AS_i）とからなっており、該光学システム（10_a～10_i）は、少なくとも62.5度の全面角θのカメラ（100）の湾曲像面に実質的に対応する湾曲像を有することを特徴とする光学システム。

【請求項2】 前記2つのレンズ部材の各々がプラスチックレンズ部材であることを特徴とする請求項1に記載の光学システム。

【請求項3】 前記レンズ部材の一方がガラスレンズ部材であることを特徴とする請求項1に記載の光学システム。

【請求項4】 前記レンズ部材の各々が前記開口絞りに向かって凹んでいる凹凸レンズであることを特徴とする請求項1に記載の光学システム。

【請求項5】 前記レンズ部材の他方が少なくとも一つの非球面を有することを特徴とする請求項1に記載の光学システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は湾曲した像面を有する写真デバイスに使用するのに適した二つのレンズ部材からなる光学システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 ダブリュー・アール・リンク（W. R. Linke）による米国特許第3006248（1961年発行）は、2つの凹凸レンズ部材からなる円筒状像面を有する対物レンズを開示している。このレンズシステムは、約62度の視野を有し、口径比F/8である。ここに開示されたレンズシステムは「対称型ではあるが、完全に対称なわけではない。」このレンズシステムには非球面がない。

【0003】 我々が提案した光学システム（またはレンズシステム）は2つの異なったレンズ部材を非対称的に配置したものである。たとえば、米国特許第4932764号および第5000552号は、使い捨てカメラのような、湾曲した像面を有する安価なカメラ用に適した2要素レンズシステムを開示している。このレンズシステムは、開口絞りの周囲に配設された2つの凹凸レンズ部材を利用する。このレンズシステムは、二つのレンズ部材しか使用していない割には、非常に良質の収差補正によって特徴づけられる。これらのレンズシステムは、FナンバーがF/8およびF/11であり、視野は、非球面を使用せずに、それぞれ、少なくとも62度、75度である。

【0004】 米国特許第5067803号は、写真カメ

ラで使用するための2要素レンズシステムも開示している。この特許も2つの凹凸レンズ部材を中央開口絞りの周囲に配設している。ここに開示されたレンズシステムは、レンズ部材の一方または両方に単一の非球面を利用しているが、比較的低速の（つまり狭い）開口、すなわちF/13.8である。

【0005】 米国特許第5327291号も2要素対物レンズシステムを開示している。ここに開示されたレンズシステムは、2つのレンズ部材のそれぞれで単一非球面を利用している。このレンズシステムは、平坦像面用に設計されたものであり、視野は60度を越えない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 2レンズ要素カメラ対物レンズは、しばしばF/11以上のFナンバーを提供すべく設計されている。カメラの対物レンズにとっては、広角であり、性能のよい高速のレンズシステムを備えるのが有利である。しかしながら、これを、二つのレンズ部材で達成するのは困難である。このように、すでに様々な対物レンズシステムが提案されてきたが、それでも、安価で生産することのできる簡単な構造のレンズシステムに対する要求が存在する。

【0007】 本出願人の発明は、この必要性に鑑みたものであり、カメラ対物レンズ用の2要素レンズシステムを更に改善するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の目的は、湾曲した像面を有する改良型の2部材または2要素レンズシステムを生産することである。

【0009】 本発明の様々の目的を達成すべく提供される光学システムは、光学システムに向かって湾曲した像面を有する安価なカメラでの使用を目的とし、たった2つの単一レンズ部材からなり、それらの間に開口絞りを有し、レンズ部材の一方が両面非球である光学システムであり、この光学システムは、全面角が少なくとも62.5度、好ましくは70度以上で、カメラの像面に実質的に（長さ方向に）対応した湾曲像を有する。

【0010】 また本発明の他の特徴によれば、従来の使い捨てカメラ部品から使い捨てカメラを製造する方法が提供される。この方法は、（A）フィルムカセットチャンバを有するカメラ本体を提供するステップと、（B）ファインダー、シャッター機構、および2つのみのレンズ部材からなる光学システムを含む従来使用されていた使い捨てカメラ部品をカメラ本体に装填するステップで、レンズ部材の一方が両面非球であり、両レンズ部材はそれぞれ屈折率が少なくとも1.45であることを特徴とするステップと、（C）非露光フィルム1巻をカメラ本体のフィルムカセットチャンバに装填するステップとからなる。

【0011】 更に、本発明の他の特徴によれば、従来使用されていたカメラ部品から製造される使い捨てカメラ

は、フィルムカセットチャンバーを有するカメラ本体と、シャッター機構と、ファインダーとを有し、カメラ本体のフィルムカセットチャンバーには非露光フィルム1巻が装填される。カメラ本体には従来使用されていた使い捨てカメラ部品が装填され、そこには、2つのみのレンズ部材からなる光学システムが含まれ、レンズ部材の一方は両面非球であり、両レンズ部材の間にシャッターが配設され、この光学システムは、湾曲したフィルム面上に結像すべく構成されている。

【0012】本発明の好ましい実施の形態によれば、以下のような利点が得られる。ここに開示された実施の形態の利点は、レンズシステムの光学的性能が非常に改善されながらも、それと同時に、広い角度範囲（0から約80度）をカバーし、且つ口径比も高い（たとえばF/8というように）。より詳しく述べると、ここに述べたのと同様な2要素レンズシステムにおいて1方のレンズ要素を両面非球にすることによって、各非球面が別のレンズと対応する2つの非球面を有する同様のレンズシステムと比較して、収差補正がかなり改善されることを発見した。

【0013】また、ここに開示された実施形態のさらなる利点として、構成が非常に単純で、組み立ても簡単であるにもかかわらず、拡大品質のいい写真つまりパノラマ写真を取ることでできる写真レンズシステムが提供される。更に、ここに開示された実施形態の別の利点として、従来使用されてきた使い捨てカメラの部品を利用して使い捨てカメラを提供することである。更にまた、ここに開示された実施形態のその他の利点として、従来使用されてきたカメラ部品を利用した使い捨てカメラの製造方法を提供することである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明のいくつかの実施の形態を、添付図面を参照しながら説明する。図1は、第1の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10aの概略を示す。図2乃至図7は、図1に示したレンズシステム10aの収差曲線を示す。図8は、第2の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10bの概略を示す。図9乃至図14は、図8に示したレンズシステム10bの収差曲線を示す。図15は、第3の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10cの概略を示す。図16乃至図21は、図15に示したレンズシステム10cの収差曲線を示す。図22は、第4の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10dの概略を示す。図23乃至図28は、図22に示したレンズシステム10dの収差曲線を示す。図29は、第5の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10eの概略を示す。図30乃至図35は、図29に示したレンズシステム10eの収差曲線を示す。図36は、第6の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10fの概略を示す。図37乃至図42は、図36に示したレンズシステム10fの収差曲線を示す。

す。図43は、第7の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10gの概略を示す。図44乃至図49は、図43に示したレンズシステム10gの収差曲線を示す。図50は、第8の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10hの概略を示す。図51乃至図56は、図50に示したレンズシステム10hの収差曲線を示す。図57は、第9の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10iの概略を示す。図58乃至図63は、図57に示したレンズシステム10iの収差曲線を示す。図64は、10a-10iのようなレンズシステムを取り入れたレサイクル可能な使い捨てカメラの展開斜視図である。図65は、図1および図64に示された使い捨てカメラ100の前面斜視図である。図66は、図64および図65に示された使い捨てカメラの前面部分斜視図である。図67は、図64乃至図68に示されたカメラの部分展開背面図である。図68は、図67の使い捨てカメラの部分背面図で、フィルムカセットの再装填の様子を示す。

【0015】本発明の以下の実施の形態は、使い捨てカメラ100のような安価なカメラに使用するための、フィルム109の写真フィルムフレームFと一致する円筒状像面に対象物を結像する対物レンズ112用の光学システム（レンズシステムとも呼ぶ）から成る。カメラ100は、フィルムのコマ送りのための他の公知の構造ないし手段、およびフィルムフレームFを露光して写真に取るべき光景の像を捕らえるためのシャッターをも含む。光学システム（あるいはレンズシステム）10kは、2つのレンズ部材12kおよび14kと、この2つのレンズ部材の間の開口絞り位置に配設されたシャッターS_kとを備える。下付きの「k」は、本発明のk番目の実施形態を意味する。写真術辞典（Photonic Dictionary）（1981）によれば、シャッターとは、「カメラ内において、感光材が露光される時間を制御するために使用される機械的または自動的デバイス」と定義される。このデバイスは、通常、開口部とその開口部を覆ったり開放したりするシャッターブレードとからなる。この型のシャッターでは、シャッターが開口絞り位置の近傍に配設されていれば、フィルム上の露光が均一になる。

【0016】光学システム10kの前方レンズ部材12kは、開口絞り（シャッター）の方向に凹面を有する凹凸レンズ部材E_{1k}である。後方レンズ部材14kは、凹凸レンズ部材E_{2k}であり、これも開口絞りの方向に凹面を有する。前方レンズ部材12kは、後方レンズ部材14kより長い焦点距離をもつてもよい。レンズシステム10kは、完全な対称型ではなく、2つのレンズ部材12kと14kは同様のものではない。特に、2つのレンズ部材の焦点距離は、相互にかなり異なり、2つのレンズ部材の少なくとも一方は、両面非球である。一方のレンズ部材だけが両面非球である場合、その焦点距

離は、典型的には（ただし常にというわけではないが）、他方のレンズ部材の焦点距離より大きい。開口絞り AS_k 、2つのレンズ部材の間、あるいは内側レンズ表面の一方の上に配設される。

【0017】図1は、第1の実施形態を示す。その技術的数値は、表1に示す。第1の実施形態において、光学システム10aの焦点距離は21.63mm、Fナンバーは8、全画角は77.4度である。第1の実施形態のレンズ部材E_{1a}およびE_{2a}は、両方とも、正のレンズであり、同じタイプのプラスチックから製造されたものである。前方レンズ部材E_{1a}は両面非球であり、第2のレンズ部材E_{2a}は、非球面を持たない。前方レンズ部材E_{1a}が両面非球となるのは、レンズ部材E_{1a}の表面（面1）も裏面も非球面だからである。

【0018】ここに述べてきたような2要素レンズシステムにおいて一方のレンズを両面非球にすると、二つのレンズ部材のそれぞれの一方の面が非球面になっている場合の2非球面を有するレンズシステムと比較して、非常に良い光学収差補正が得られることを、我々は思いがけずに発見した。

【0019】より詳しく述べると、最適球から約290波数および約114波数だけ離間した非球面を、それぞれ、両面非球レンズ部材の第1面と第2面とに使用して、像品質を制御する。この場合の最適球は、軸上の非球と、100%開放口で交わる。この球が非球から離れる最大離間は、開放口内におけるどの点においても、290波数（ただし $\lambda = 632.8\text{nm}$ ）を越えることはない。レンズ部材の非球面および特定の曲げを利用することによって、ずっと低速の2要素レンズシステムと同等の性能を有するF/8レンズシステムを提供することができる。

【0020】レンズ部材の厚さTは、好ましくは、 $1 < T < 3\text{mm}$ である。本実施形態においては、レンズ部材E_{1a}およびE_{2a}の厚さは、それぞれ2.13mmおよび1.78mmである。第1レンズ部材E_{1a}の焦点距離 f_{1a} は70.42mmであり、第2レンズ部材E_{2a}の焦点距離 f_{2a} は24.47mmである。これらの焦点距離の比率は $f_{1a}/f_{2a} = 2.88$ である。

【0021】レンズシステム10aの像面は、像の長辺方向にサグがある円筒形である。口径比が増加すると、最善の結果が得られたのは、焦点の幾何的深さおよびレンズシステムの固有ベッツヴァル曲率を考慮すると、この円筒の湾曲半径が $|90|\text{mm}$ から $|120|\text{mm}$ の範囲にあった時である。この第1の実施形態においては、また本発明のいくつかの他の実施形態においてと同様、この円筒の湾曲半径は -90mm である。開口絞りASAは、第1レンズ部材E_{1a}と第2レンズ部材E_{2a}との間に間隙をもって配設される。レンズシステムの全長TL（前方面頂点から像面まで）と、レンズシステムの有効焦点距離（EFL）との比は、1.21である。

【0022】第1の好ましい実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線が図2乃至図7に示されている。より詳しくは、図2Aは、縦方向の球面収差を示す。縦軸は、相対口径比を示し、横軸は、焦点位置を示す。主要波長は、546.1nmである。

【0023】図3は、レンズシステムにおける非点収差を示す。縦軸は、度を単位とした半画角を示し、横軸は、焦点位置を示す。縦方向の球面収差（LSA）および非点収差プロット（図2AおよびB）の横軸上の「ゼロ焦点」は、546.1nmにおける近軸焦点と参照されている。像が円筒状に湾曲しているため、我々は、非点収差プロットの縦軸を像フォーマットの平均曲率に参照させることにした。簡単にするために、像フォーマットのコーナーの最適半径をここでの基準とする。最適半径とは、円筒状像フォーマットの中央とコーナーを通る半径である。最適半径を求めるには、円筒状フィルム半径に、像フォーマットの形状に依存する係数（すなわち、型の縦横の比率）を掛ければよい。この第1の実施形態では、像フォーマットの形状（16.7×30mm）から、係数1.3099を掛けることによって、フォーマットのコーナーの最適半径を求めることができる。これを、 -90mm 円筒半径と一緒に使用して、円筒半径がフォーマットの長辺方向にあることを考慮すると、最適コーナー半径は -117.89mm となる。これが、分析に使用する最適像半径である。というのは、これは定義が簡単であり、円筒状フォーマット全域に渡る平均半径だからである。より詳しくは、円筒状像フォーマットの最適コーナー半径の係数は、以下の手順で算出することができる。

【0024】像フォーマットの水平方向の線と対角線によって作られる角度 θ を計算する。ここで、 $\theta = \arctan(16.7/30)$ または29.103度である。円筒にとって近似的最適コーナー半径を与える係数は、 $1/[\cos^2(\theta)]$ であり、この場合、1.3099である。この平均像半径（最適コーナー半径）を使用することによって、円筒状フォーマットの全域に渡る像品質を分析する際の困難の多くを排除することができる。円筒の湾曲率は、縦方向（像が平坦である場合）と湾曲が著しい長い横方向とは異なり、コーナー部分において最大フィールドが結像する。フィールドに依存する示された収差はすべて上述の最適半径と参照されている。

【0025】図4は、第1の実施形態における光線遮断曲線（ray intercept curves）をいくつかの相対フィールド位置において（軸上、0.5、0.7、および全フィールド）示すものである。縦軸は、光線収差をミリメートル単位で示す。横軸は、相対瞳座標であり、端部は±全瞳（すなわち、±1.0瞳）である。

【0026】図5は、フィールドの横方向の色収差を、

ミリメートル単位で(440nm~650nm)で測定したものを示す。

【0027】図6は、フィールドを横切る主要波長(546.1nm)における歪曲収差を示す。ここで言う歪曲収差の定義は次の通りである。

[(最適像湾曲上の主要実光線高さ) - (軸上の最適像湾曲に接する面上の(すなわち、湾曲の頂点における)近軸主要光線高さ)] ÷ [軸上の最適像湾曲に接する面上の近軸光線高さ]。

歪曲収差をパーセントで表わすには、この値に100を掛ければよい。光学設計や分析プログラムが異なれば、湾曲像上の歪曲収差の定義も異なるが、ここに挙げた定義は、一般に使用されている定義のうちの一つである。

【0028】図7は、色別MTF(変調伝達関数)を、3つのフィールド点、すなわち、軸上、0.7相対フィールド、および全フィールドにおいて示したものである。使用した波長は、650nm、546.1nm、および440nmで、それぞれ色別の重みづけ係数は35、50、15である。

【0029】第2の好ましい実施形態は、第1の実施形態と非常によく似ており、図8に示されている。この実施形態においては、円筒の湾曲半径が120mmである。最適球面から約312波数および120波数だけ離間した非球面が、それぞれ両面非球レンズ部材の第1面と第2面に使用されて、像品質を制御する。第2の実施形態の性能を示す収差曲線は、図9乃至図14に示されている。

【0030】第3の実施形態は、第1および第2の好ましい実施形態に非常によく似ており、図15に示されている。第1レンズ部材12cの焦点距離 f_{1b} は、62.9mmであり、第2のレンズ部材14cの焦点距離 f_{2b} は、29.91mmである。比率は、 $f_{1c}/f_{2c}=2.10$ である。レンズシステム10cの像面は、像の長辺方向にサグを有する円筒形である。この実施形態においては、円筒の湾曲半径は-90mmである。両面非球レンズ部材の第1面と第2面は、それぞれ、最適球面から209波数および94波数だけ離間した非球面が使用され、像品質を制御する。第3の好ましい実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線は、図16~図21に示されている。

【0031】第4の好ましい実施形態は図22す。第4の実施形態の光学システム10dは、二つのレンズ部材12dおよび14dから成る。これらのレンズ部材12dおよび14dは両者とも同じタイプのプラスチックから製造される。第1レンズ部材12dの焦点距離 f_{1d} は、64.82mmであり、第2レンズ部材14dの焦点距離 f_{2d} は、29.25mmである。比率は $f_{1d}/f_{2d}=2.22$ である。レンズシステム10dの像面は、像の長辺方向にサグを有する円筒形である。この実施形態においては、円筒の湾曲半径は-120mmであ

る。両面非球レンズ部材の第1面と第2面は、最適球面からの離間が約221波数および100波数の非球面が、それぞれ使用され、像品質を制御する。第4実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線は、図23~図28に示す。

【0032】第5の好ましい実施形態10eは図29に示される。光学システム10eの前方レンズ部材12eは、凹凸プラスチックレンズ部材 E_{1e} である。前方レンズ部材12eは、両面非球である。第1レンズ部材12eの焦点距離 f_{1e} は、39.00mmであり、第2レンズ部材14eの焦点距離 f_{2e} は、48.28mmである。比率は $f_{1e}/f_{2e}=0.81$ である。従って、両面非球レンズ部材の方がより強力なレンズ部材である。これは、前述の実施形態と異なる点である。

【0033】レンズシステム10eの像面は、像の長辺方向にサグを有する円筒形である。この実施形態においては、円筒の湾曲半径は、-120mmである。両面非球レンズ部材の第1面と第2面は、最適球面からの離間がそれぞれ約139波数および56波数の非球面が使用されて、像品質を制御する。

【0034】レンズシステムの全長TL(前方面頂点から像面までの距離)と、レンズシステムの有効焦点距離(EFL)との比は、1.10である。第5の好ましい実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線は、図30~図35に示される。

【0035】第6の好ましい実施形態は図36に示される。光学システム10fの前方レンズ部材12fは、プラスチック製凹凸レンズ部材 E_{1f} である。後方レンズ部材14fは、プラスチック製凹凸レンズ部材 E_{2f} である。前方レンズ部材12fおよび後方レンズ部材14fは、両者とも両面非球である。この第6実施形態においては、光学システム10fの焦点距離が24mmであり、Fナンバーが8であり、全視野が70.1度である。第6実施形態のレンズ部材 E_{1f} および E_{2f} は、異なったプラスチック材から製造される。

【0036】第1レンズ部材12fの焦点距離 f_{1f} は、20.54mmであり、第2レンズ部材14fの焦点距離 f_{2f} は、10.107mmである。比率は、 $f_{1f}/f_{2f}=2.002$ である。レンズシステム10fの像面は、像の長辺方向にサグを有する円筒形である。この実施形態においては、円筒の湾曲半径は、-120mmである。前方の両面非球レンズ部材の第1面と第2面は、それぞれ、最適球面からの離間が約27波数および6波数の非球面が使用され、像品質を制御する。第2の両面非球レンズ部材の第1面と第2面は、それぞれ、最適球面からの離間が約75波数および139波数である非球面が使用され、像品質を制御する。レンズシステムの全長TL(前方面頂点から像面までの距離)と、レンズシステムの有効焦点距離(EFL)との比は、1.07である。第6実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線

は図37～図42に示す。

【0037】第7乃至第9実施形態は、最も好ましい実施形態である。なぜなら、これらの実施形態の両面非球レンズ部材は、非球面偏心に対する感度が非常に低いからである。

【0038】第7の好ましい実施形態は図43に示される。光学システム10gの前方レンズ無事12gは、プラスチック製凹凸レンズ部材E_{1g}である。後方レンズ部材14gは、プラスチック製凹凸レンズ部材E_{2g}である。前方レンズ部材12gは、両面非球である。開口絞りASgは、第1レンズ部材E_{1g}と第2レンズ部材E_{2g}との間の空隙に配設される。この第7実施形態においては、光学システム10gの焦点距離が24mmであり、Fナンバーが8であり、全視野が71.7度である。第7実施形態のレンズE_{1g}とE_{2g}は、どちらも正であり、同じタイプのプラスチックから製造される。

【0039】この第7実施形態において、レンズ部材12gおよび14gの厚さは、それぞれ2.85mmおよび2.0mmである。第1レンズ部材12gの焦点距離 f_{1g} は81.01mmであり、第2レンズ部材14gの焦点距離 f_{2g} は26.84mmである。比率は、 $f_{1g}/f_{2g}=3.02$ である。レンズシステム10gの像面は、像の長辺方向にサグを有する円筒形であり、この円筒の湾曲半径は、-90mmである。両面非球レンズ部材の第1面と第2面は、それぞれ、最適球面からの離間が約143波長、48波長の非球面が使用され、像品質を制御する。レンズシステムの全長TL（前方面頂点から像面までの距離）と、レンズシステムの有効焦点距離（EFL）との比は、1.22である。第7の好ましい実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線は図44～図49に示される。

【0040】第8の好ましい実施形態は図50に示される。第8実施形態の光学システム10hは、2つのレンズ部材12hと14hとからなる。前方レンズ部材12hは、プラスチック製の凹凸レンズ部材E_{1h}である。後方レンズ部材14hは、プラスチック製凹凸レンズ部材E_{2h}である。各レンズ部材は異なったプラスチック材から製造される。この実施形態は、上述の実施形態のいくつかと異なり、2つではなく、3つの非球面を有し、第1レンズ部材ではなく第2レンズ部材が両面非球になっている。前方レンズ部材E_{1h}は、レンズ部材の最前（つまり被写体側）の面に配置される単一非球面を有す。第2レンズ部材E_{2h}は、両面非球である。前方レンズ部材12hは、後方レンズ部材14hより、焦点距離が短い。第8実施形態においては、光学システム10hの焦点距離が24mmであり、Fナンバーが8であり、全視野が70.3度である。レンズ部材12hおよび14hは、異なったタイプのプラスチック材から製造される。

【0041】レンズシステムの全長TL（最前面頂点か

ら像面までの距離）と、レンズシステムの有効焦点距離（EFL）との比率は、1.08である。この第8実施形態においては、レンズ部材12hおよび14hの厚さは、それぞれ、2.851mm、2.5mmである。第1レンズ部材12hの焦点距離 f_{1h} は、22.28mmであり、第2レンズ部材14hの焦点距離 f_{2h} は、220.14mmである。比率は $f_{1h}/f_{2h}=0.10$ である。レンズ部材E_{1h}の前方面上には、最適非球面からの離間が約18波数である非球面が使用される。両面非球レンズ部材E_{2h}の第1面と第2面には、それぞれ、最適球面からの離間が約52波数、123波数である非球面が使用され、像品質を制御する。第8実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線は、図51～図56に示される。

【0042】第9の好ましい実施形態は図57に示される。光学システム10iの前方レンズ部材12iは、正の凹凸レンズ部材E_{1i}で、ガラス製である。後方レンズ部材14iは、プラスチック製の凹凸レンズ部材E_{2i}である。後方レンズ部材12iは、両面非球であり、負のレンズである。開口絞りASiは、第1レンズ部材E_{1i}と第2レンズ部材E_{2i}との間の空隙に配設される。この第9実施形態においては、光学システム10iの焦点距離は28mmであり、Fナンバーは8であり、全視野は62.92度である。

【0043】第9実施形態のレンズシステムは不透熱体である。すなわち、30℃の温度変化があっても、実質的には像シフトを生じない（すなわち、最少の-0.02mmの像距離シフトを生じるだけである）。最少像シフトは、|0.05|mmより小さい像シフトとして規定される。この特性は、ガラス製レンズ部材を強力にし、プラスチック製レンズ部材を弱くすることによって達成された。なぜならば、プラスチックレンズ部材は、面曲率が大きく、非球面であり、このことが収差制御に大きく貢献するが、レンズシステム温度が大きな温度変化を経た時に、実質的に像シフトに影響を与えることはない。

【0044】この第9実施形態において、レンズ部材12iおよび14iの厚さは、それぞれ3.33mm、2.92mmである。レンズシステム10iの像面は、像の長辺方向にサグを有する円筒形である。この実施形態において、この円筒の湾曲半径は-120mmである。両面非球レンズ部材の第1面および第2面は、それぞれ、最適球面からの離間が約98波数および209波数の非球面が使用され、像品質を制御する。

【0045】レンズシステムの全長TL（最前面頂点から像面までの距離）と、レンズシステムの有効焦点距離（EFL）との割合は、1.05である。第9の好ましい実施形態の光学システムの性能を示す収差曲線は、図58～図63に示される。

【0046】以下は、第7、第8、および第9の実施形

態の最も特徴的な性能特性のいくつかを要約するものである。

*各レンズシステムとも、波長546.1nmにおけるLSAを算出した。

【0047】球面収差(LSA)

実施形態	Fナンバー	球面収差	非球面数
第7	8.0	.111mm	2
第8	8.0	.075mm	3
第9	8.0	.024mm	2

【0048】非点収差

非点収差の量*			
REL F	第7実施形態	第8実施形態	第9実施形態
0	0	0	0
.1	.00mm	.01mm	.03mm
.2	.01mm	.04mm	.06mm
.3	.08mm	.08mm	.06mm
.4	.23mm	.12mm	.07mm
.5	.40mm	.16mm	.15mm
.6	.50mm	.20mm	.21mm
.7	.51mm	.24mm	.14mm
.8	.51mm**	.28mm**	.06mm
.9	.51mm	.14mm	.15mm
1.0	.12mm	.15mm	.22mm**

* 非点収差の量は、各レンズとも波長546.1nmにおいて測定される。これらの実施形態のFナンバーは8である。REL Fは、相対フィールドの略。

** 各レンズにおける最悪の非点収差点を示す。

【0049】横方向色収差

※の範囲における最大値である。最大横方向色収差は、フ

以下に示された数値は、440nmから650nmまで※ フィールド端部に生じるとは限らない。

実施形態	横方向色収差
第7	.0079mm (最大は、.6相対フィールドで)
第8	.0075mm (最大は、.9相対フィールドで)
第9	.0121mm (最大は、.7相対フィールドで)

【0050】MTF分析

ミリメートル当たり5ラインでのMTF*

(タンジェンシャル/サジタル)

実施形態	Fナンバー	軸上	.7相対フィールド	1.0相対フィールド	全画角
第7	8.0	94.9	92.6/90.1	89.1/91.6	±35.8度
第8	8.0	94.6	92.0/90.6	82.9/92.6	±35.2度
第9	8.0	95.1	92.5/93.1	89.7/93.7	±31.5度

ミリメートル当たり20ラインでのMTF*

(タンジェンシャル/サジタル)

実施形態	Fナンバー	軸上	.7相対フィールド	1.0相対フィールド	全画角
第7	8.0	67.5	56.3/45.8	50.1/56.2	±35.8度
第8	8.0	64.8	58.5/52.4	41.7/59.4	±35.2度
第9	8.0	68.9	57.2/61.9	49.0/64.4	±31.5度

* ベストフォーカスでの異色MTF、使用波長/重みづけは、546.1nm/50、440nm/15、および650nm/35である。

【0051】以下は、第1乃至第9実施形態の数値例を示す表(表1から表9)である。

★【0052】

★

表1

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	7.05	2.70	非球面	2.130	1.492	57.4
2	4.70	2.34	非球面	1.700		
	2.30	2.30	ダイアフラム	1.570		
3	4.79	2.25	-6.72200	1.780	1.492	57.4
4	6.35	2.41	-4.69690			

レンズ長さ 7.180

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、
単位ミリメートルで測定される。

【0053】非球面方程式：

【数1】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10}$$

10

* 【0054】

面1	C = 0.1794784	D = 0.5737500E-04	F = 0.1060700E-06
	k = 1.3880800	E = 0.8680000E-05	G = 0.6135300E-08
	頂点半径 (1/C) = 5.5717		
面2	C = 0.1725209	D = 0.2122000E-03	F = -0.1845100E-04
	k = 4.3530000	E = 0.1111500E-03	G = 0.3731300E-06
	頂点半径 (1/C) = 5.7964		

【0055】

注：

- 1 有効焦点距離=21.63 Fナンバー=F/8.00
 セミ・フィールド=38.69度 バックフォーカス=19.09
 セミ・ダイアゴナル=17.17 フロントフォーカス=16.72
 フォーマット=16.7×30.0 ベストフォーカス=-.16

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。屈折率が1.492、アッペ数が57.4であるプラスチック材。

波長(ミクロン)	屈折率
0.65000000	1.489394
0.54610000	1.493777
0.44000000	1.502120

2 像面は、半径90の円筒。像フォーマットの長辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高 画角 口径比

※5.60	14.64	F/ 8.0
11.98	29.28	F/ 8.0
17.17	38.69	F/ 8.0
瞳	位置	直径
入射瞳	3.92	2.70
出射瞳	-3.58	2.83

- 30 3 像フォーマットの対角線に沿ってベストフォーカス位置において、MTF値は規定され、波長650、546、1、および440nmを使用して、それぞれ、.35、.5、および.15の重みづけをした。

パーセントフィールド(デジタル/アナログ)

Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92	92/91	89/90	87/89	89/86	91/83	90/80
8.0	12.5	82	82/79	76/78	72/77	75/72	79/68	78/65
8.0	22.	62	67/57	57/58	52/59	57/56	61/50	59/45

【0056】

40

表2

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	7.06	2.70	非球面	2.210	1.492	57.4
2	4.63	2.32	非球面	1.700		
	2.28	2.28	ダイアフラム	1.500		
3	4.64	2.24	-6.38860	1.810	1.492	57.4
4	6.23	2.42	-4.49680			

レンズ長さ 7.220

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、
単位ミリメートルで測定される。

【0057】非球面方程式：

50 【数2】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14}$$

【0058】

面1 C = 0.1837695 D = 0.3026600E-03 G = -0.1489700E-05
 k = 1.2941400 E = -0.6690900E-04 H = 0.6267200E-07
 F = 0.1536100E-04 I = -0.4329200E-09
 頂点半径 (1/C) = 5.4416

面2 C = 0.1828588 D = 0.2875800E-03 G = 0.6958700E-05
 k = 3.9063400 E = 0.2252700E-03 H = 0.
 F = -0.6157600E-04 I = 0.
 頂点半径 (1/C) = 5.4687

【0059】

注:

1 有効焦点距離 = 21.63 Fナンバー = F/8.00
 セミ・フィールド = 38.39度 バックフォーカス = 19.20
 セミ・ダイアゴナル = 17.17 フロントフォーカス = 16.53
 フォーマット = 16.7×30.0 ベストフォーカス = -0.31

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。
 屈折率が1.492、アッペ数が57.4であるプラスチック材。

波長(ミクロン)	屈折率
0.65000000	1.489394
0.54610000	1.493777
0.44000000	1.502120

2 像面は、半径120の円筒。像フォーマットの長辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高	画角	口径比
----	----	-----

	20×5.52	14.50	F/ 8.0
	11.88	29.01	F/ 8.0
	17.17	38.39	F/ 8.0
瞳	位置	直径	
入射瞳	4.03	2.70	
出射瞳	-3.55	2.84	

3 像フォーマットの対角線に沿ってベストフォーカス位置において、MTF値は規定され、波長650、546、440nmを使用し、それぞれ、3.0、2.0、1.0の重みづけをした。

パーセントフィールド(サイン/タンジェント)

Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	91	92/91	89/90	87/89	88/85	90/81	90/77
8.0	12.5	80	82/78	76/78	71/76	74/72	77/66	78/63
8.0	22.	56	67/56	57/58	51/58	54/53	60/46	58/42

【0060】

表3

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	6.70	3.00	非球面	1.920	1.492	57.4
2	4.67	2.62	非球面	1.700		
	2.56	2.56	ダイアフラム	1.820		
3	5.01	2.50	-6.38860	1.700	1.492	57.4
4	6.45	2.67	-4.85200			

レンズ長さ 7.140

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、※
 単位ミリメートルで測定される。

【0061】非球面方程式:

【数3】

※ 【0062】

面1 C = 0.1860829 D = 0.4563300E-04 F = -0.1104300E-05
 k = 1.3447300 E = 0.1387300E-04 G = 0.9467400E-07

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10}$$

17

18

頂点半径 (1/C) = 5.37395
 面2 C = 0.1744957 D = 0.2069600E-03 F = -0.3658300E-04
 k = 3.9307700 E = 0.1545600E-03 G = 0.4191200E-05
 頂点半径 (1/C) = 5.7308

【0063】

注:

1 有効焦点距離 = 24.00 Fナンバー = F/8.00
 セミ・フィールド = 35.90度 バックフォーカス = 21.13
 セミ・ダイアゴナル = 17.17 フロントフォーカス = 19.40
 フォーマット = 16.7×30.0 ベストフォーカス = -12

主要波長は546nm、色消し範囲は440~650nm。
 屈折率が1.492、アッペ数が57.4であるプラスチック材。

波長(ミクロン)	屈折率
0.65000000	1.489394
0.54610000	1.493777
0.44000000	1.502120

2 像面は、半径90の円筒。像フォーマットの長辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高	画角	口径比
----	----	-----

	*5.69	13.43	F/ 8.0
	12.03	26.87	F/ 8.0
	17.17	35.90	F/ 8.0
瞳	位置	直径	
入射瞳	3.71	3.00	
出射瞳	-3.79	3.11	

3 像フォーマットの対角線に沿ってベストフォーカス位置において、MTF値は規定され、波長650、546、1、および440nmを使用して、それぞれ、3

*20 5、. 5、および 15の重みづけをした。

パーセントフィールド(ミクロン/ミリメートル)

Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92	90/91	88/90	86/89	87/87	89/84	90/83
8.0	12.5	81	79/79	73/78	70/76	71/73	76/70	77/68
8.0	22.	63	63/60	56/59	51/59	53/55	59/53	60/51

【0064】

表4

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	6.68	3.00	非球面	1.970	1.492	57.4
2	4.60	2.60	非球面	1.700		
	2.54	2.54	ダイアフラム	1.720		
3	4.81	2.49	-6.04290	1.720	1.492	57.4
4	6.29	2.67	-4.66120			

レンズ長さ 7.110

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、※

単位ミリメートルで測定される。

【0065】非球面方程式:

【数4】

※ 【0066】

面1 C = 0.1914931 D = 0.5497140E-04 F = -0.1457210E-05
 k = 1.2600400 E = 0.1622360E-04 G = 0.1170740E-06
 頂点半径 (1/C) = 5.22212
 面2 C = 0.1830794 D = 0.2125880E-03 F = -0.3892640E-04
 k = 3.7153600 E = 0.1570810E-03 G = 0.4460260E-05
 頂点半径 (1/C) = 5.46211

【0067】

注:

1 有効焦点距離 = 24.00 Fナンバー = F/8.00
 セミ・フィールド = 35.50度 バックフォーカス = 21.17
 セミ・ダイアゴナル = 17.17 フロントフォーカス = 19.36

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10}$$

19

20

フォーマット=16.7×30.0 ベストフォーカス=-.12

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。
屈折率が1.492、アップ数が57.4であるプラスチック材。

波長(ミクロン)	屈折率
0.65000000	1.489394
0.54610000	1.493777
0.44000000	1.502120

2 像面は、半径120の円筒。像フォーマットの長
辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高 画角 口径比

*5.63	13.27	F/ 8.0
11.95	26.54	F/ 8.0
17.17	35.50	F/ 8.0

瞳	位置	直径
入射瞳	3.79	3.00
出射瞳	-3.70	3.11

3 像フォーマットの対角線に沿ってベストフォーカス
位置において、MTF値は規定され、波長650、54
10 6.1、および440nmを使用して、それぞれ、3
* 5.、5.、および、15の重みづけをした。

パーセントフィールド(ミクロン/ミリメートル)

Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	91	90/90	87/90	85/88	85/86	87/83	88/81
8.0	12.5	81	78/79	71/77	67/76	68/71	73/68	75/64
8.0	22.	63	63/60	54/58	48/57	48/54	55/50	57/47

【0068】

表5

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	6.83	2.27	非球面	2.096	1.492	57.4
2	4.63	1.98	非球面	1.700		
	1.89	1.89	ダイアフラム	1.495		
3	4.47	1.81	-9.44980	1.633	1.590	30.9
4	6.13	1.87	-7.56870			

レンズ長さ 6.924

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、
単位ミリメートルで測定される。

※【0069】非球面方程式：

※【数5】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16} + KY^{18}$$

【0070】

面1	C = 0.1807068	D = -0.3280856E-03	H = -0.3227695E-07
	k = 1.2344171	E = 0.3195396E-04	I = -0.1757111E-08
		F = -0.9249910E-05	J = 0.1697079E-09
		G = 0.9636781E-06	K = -0.4888296E-11

頂点半径 (1/C) = 5.5338259

面2	C = 0.1472153	D = 0.	H = 0.1724156E-06
	k = 4.7899866	E = 0.	I = -0.1222265E-06
		F = 0.	J = -0.1437650E-07
		G = 0.4785053E-05	K = 0.4033898E-08

頂点半径 (1/C) = 6.7927722

【0071】

注：

- 1 有効焦点距離=25.00 Fナンバー=F/11.00
 セミ・フィールド=37.47度 バックフォーカス=20.44
 セミ・ダイアゴナル=19.39 フロントフォーカス=22.78
 フォーマット=36.4×13.3 ベストフォーカス=+.21

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm ラスチック材。

m。屈折率が1.492、アップ数が57.4であるブ 50 波長(ミクロン) 屈折率

21

22

0.65000000 1.489394

0.54610000 1.493777

0.44000000 1.502120

屈折率が1.590、アッペ数が30.9であるプラスチック材。

波長(ミクロン) 屈折率

0.65000000 1.585337

0.54610000 1.594949

0.44000000 1.614252

* 辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高 画角 口径比

6.34 14.11 F/11.0

13.46 28.21 F/11.0

19.39 37.47 F/11.0

瞳 位置 直径

入射瞳 3.94 2.28

出射瞳 -2.94 2.13

【0072】

2 像面は、半径-120の円筒。像フォーマットの長*10

表6

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	6.82	3.00	非球面	2.015	1.492	57.4
2	5.16	2.62	非球面	1.552		
	2.40	2.40	ダイアフラム	2.181		
3	5.00	2.07	非球面	2.436	1.590	30.9
4	7.84	2.22	非球面			

レンズ長さ 8.184

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、※【0073】非球面方程式：

単位ミリメートルで測定される。

※20 【数6】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14}$$

【0074】

面1 C = 0.1924613 D = -0.1770210E-03 G = 0.7303340E-08

k = 0.3904830 E = -0.2260400E-05 H = 0.

F = -0.2492010E-06 I = 0.

頂点半径 (1/C) = 5.19585

面2 C = 0.1076584 D = 0.1590450E-03 G = 0.

k = -0.7312000 E = 0.3218400E-04 H = 0.

F = 0. I = 0.

頂点半径 (1/C) = 9.28864

面3 C = -0.1873389 D = -0.2324660E-02 G = 0.3449830E-04

k = 0. E = 0.1303100E-03 H = -0.4184760E-05

F = -0.1572430E-03 I = 0.1503290E-06

頂点半径 (1/C) = -5.33792

面4 C = -0.1602289 D = -0.4250590E-03 G = -0.1037200E-05

k = 0. E = -0.5213140E-04 H = 0.6698500E-07

F = 0.6610300E-05 I = -0.1945210E-08

頂点半径 (1/C) = -6.24107

【0075】

注：

1 有効焦点距離 = 24.00

セミ・フィールド = 35.06度

セミ・ダイアゴナル = 17.17

フォーマット = 16.7 × 30.0

Fナンバー = F / 8.00

バックフォーカス = 17.60

フロントフォーカス = 21.96

ベストフォーカス = -.03

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。

屈折率が1.492、アッペ数が57.4であるプラスチック材。

波長(ミクロン) 屈折率

0.65000000 1.489394

0.54610000 1.493777

0.44000000 1.502120

50 屈折率が1.590、アッペ数が30.9であるプラス

23

チック材。

波長(ミクロン) 屈折率

0.65000000 1.585337

0.54610000 1.594949

0.44000000 1.614252

2 像面は、半径-120の円筒。像フォーマットの長
辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高 画角 口径比

*5.58 13.07 F/ 8.0
11.90 26.14 F/ 8.0
17.17 35.06 F/ 8.0
瞳 位置 直径
入射瞳 3.78 3.01
出射瞳 -4.78 2.81

【0076】

*

表7

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	8.11	3.00	非球面	2.850	1.492	57.4
2	5.03	2.60	非球面	1.700		
	2.55	2.55	ダイアフラム	1.764		
3	5.12	2.50	-7.93827	2.000	1.492	57.4
4	6.83	2.66	-5.37793			

レンズ長さ 8.314

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、
単位ミリメートルで測定される。

※【0077】非球面方程式：

※【数7】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16} + KY^{18}$$

【0078】

面1 C = 0.1375124 D = 0.2975986E-03 H = -0.5338952E-08
k = 0.9855269 E = -0.1802293E-04 I = 0.7213138E-09
F = 0.5067433E-05 J = 0.3634665E-10
G = -0.2582161E-06 K = -0.2374518E-11
頂点半径 (1/C) = 7.27207
面2 C = 0.1292569 D = 0.1026159E-02 H = 0.1958292E-05
k = 2.5571032 E = 0.2197372E-03 I = -0.2254705E-06
F = -0.3899092E-04 J = 0.
G = 0.5965716E-06 K = 0.
頂点半径 (1/C) = 7.73653

【0079】

注：

- 1 有効焦点距離=24.00 Fナンバー=F/8.00
セミ・フィールド=35.84度 バックフォーカス=21.12
セミ・ダイアゴナル=17.17 フロントフォーカス=18.43
フォーマット=16.7×30.0 ベストフォーカス=-.11

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。
屈折率が1.492、アッペ数が57.4であるブ
ラスチック材。

波長(ミクロン) 屈折率

0.65000000 1.489394

0.54610000 1.493777

0.44000000 1.502120

2 像面は、半径-90の円筒。像フォーマットの長
辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高 画角 口径比

★

★5.69 13.41 F/ 8.0
40 12.00 26.82 F/ 8.0
17.17 35.84 F/ 8.0
瞳 位置 直径
入射瞳 4.49 3.00
出射瞳 -4.01 3.14

3 像フォーマットの対角線に沿ってベストフォーカス
位置において、MTF値は規定され、波長650、54
6、1、および440nmを使用して、それぞれ、.3
5、.5、および.15の重みづけをした。

定格レンズシステム

パーセントフィールド(デジタル/アナログ)

25			26					
Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92	91/91	87/89	84/88	83/82	85/83	87/83
8.0	12.5	82	80/79	71/76	65/74	64/69	68/69	72/68
8.0	22.	64	64/57	52/52	43/51	42/50	48/50	53/46
面1上で+. 025mmの偏心を有するレンズシステムMTF								
			パーセントフィールド(サジタル/タンジエンシャル)					
Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92/92	90/91	85/89	82/85	80/74	83/73	85/78
8.0	12.5	82/81	79/79	68/76	60/72	58/60	63/52	68/57
面1上で-. 025mmの偏心を有するレンズシステムMTF								
			パーセントフィールド(サジタル/タンジエンシャル)					
Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92/92	91/89	88/85	86/82	86/80	87/80	88/78
8.0	12.5	82/81	80/73	74/65	69/58	69/57	72/58	74/53

【0080】

表 8						
面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	7.80	3.00	非球面	2.850	1.492	57.4
2	5.23	2.51	9.94649	1.517		
	2.31	2.31	ダイアフラム	1.883		
3	4.88	2.05	非球面	2.500	1.590	30.9
4	7.74	2.17	非球面			

レンズ長さ 8.750

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、 * 【0081】 非球面方程式：
単位ミリメートルで測定される。 * 【数8】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16} + KY^{18}$$

【0082】

面1	C = 0.1748686	D = 0.	H = 0.
	k = 0.1739281	E = 0.	I = 0.
		F = 0.	J = 0.
		G = 0.	K = 0.
	頂点半径 (1/C) = 5.71858		
面3	C = -0.1667150	D = -0.1173103E-02	H = -0.1248107E-05
	k = 0.7696216	E = -0.2937716E-03	I = 0.4331939E-07
		F = 0.4321027E-04	J = 0.3983943E-07
		G = -0.4805751E-05	K = -0.3217884E-08
	頂点半径 (1/C) = -5.99826		
面4	C = -0.1508910	D = -0.1622863E-03	H = 0.1499098E-07
	k = 0.5900456	E = -0.2936541E-04	I = -0.4056008E-09
		F = 0.9085097E-06	J = -0.7309910E-10
		G = -0.1776793E-06	K = 0.3466098E-11
	頂点半径 (1/C) = -6.62730		

【0083】

注:

27

28

1 有効焦点距離=24.00
 セミ・フィールド=35.15度
 セミ・ダイアゴナル=17.17
 フォーマット=16.7×30.0

Fナンバー=F/8.00
 バックフォーカス=17.24
 フロントフォーカス=21.96
 ベストフォーカス=-.07

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。屈折率が1.492、アッペ数が57.4であるプラスチック材。

波長(ミクロン) 屈折率

0.65000000 1.489394

0.54610000 1.493777

0.44000000 1.502120

屈折率が1.590、アッペ数が30.9であるプラスチック材。

波長(ミクロン) 屈折率

0.65000000 1.585337

0.54610000 1.594949

0.44000000 1.614252

2 像面は、半径120の円筒。像フォーマットの長辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

*

定格レンズシステム

Fナンバー	L/MM	軸上	パーセントフィールド(ミクロン/ミクロン)					
			38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92	90/91	87/90	86/88	88/79	89/71	90/79
8.0	12.5	81	79/80	72/78	70/75	73/63	77/52	78/61
8.0	22.	64	64/62	54/60	51/56	56/44	60/36	60/44

面3上での偏心が+。0.25mmである振動レンズシステム

Fナンバー	L/MM	軸上	パーセントフィールド(ミクロン/ミクロン)					
			38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92/91	90/90	86/88	85/86	86/74	88/66	89/75
8.0	12.5	81/80	78/79	70/75	67/73	71/58	76/46	78/55

面3上での偏心が-。0.25mmである振動レンズシステム

Fナンバー	L/MM	軸上	パーセントフィールド(ミクロン/ミクロン)					
			38%	57%	71%	86%	95%	100%
8.0	7.	92/91	90/90	88/89	87/86	88/80	90/73	90/80
8.0	12.5	81/80	79/78	73/75	72/69	75/61	77/54	77/61

【0084】

表9

面	開放口	軸方向ビーム	半径	厚さ	屈折率	V値
1	9.98	3.50	6.57522	3.330	1.498	67.0
2	7.49	2.92	12.3004	2.812		
	2.50	2.50	ダイアフラム	2.852		
3	5.94	2.07	非球面	2.920	1.590	30.9
4	9.24	2.18	非球面			

レンズ長さ 11.914

ここで、面の湾曲半径、軸方向の厚さ、および間隔は、単位ミリメートルで測定される。

部材はポリスチレンである。プラス30℃の温度変化により、-0.2mm像距離変化が生じる。BK10に使用される熱膨張および屈折率は、それぞれ、5.8E-

【0085】前方部材はBK10ガラスである。第2の 50

0.6 mm/mm/°C、および3.5E-06/°Cである。
 る。ポリスチレンに使用される熱膨張および屈折率は、
 それぞれ、7.2E-05 mm/mm/°C、および-1*

*3E-05/°Cである。

【0086】非球面方程式：

【数9】

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14}$$

【0087】

面3	C=-0.1639393	D=-0.1352420E-02	G=-0.1386870E-05
	k=0.	E=-0.1164530E-03	H=-0.1526140E-07
		F=0.7685050E-05	I=0.
	頂点半径(1/C)=-6.09982		
面4	C=-0.1388098	D=-0.6652480E-03	G=-0.4537740E-06
	k=-1	E=-0.4647250E-04	H=0.1959480E-07
		F=0.4762720E-05	I=-0.3859810E-09
	頂点半径(1/C)=-7.2041		

【0088】

注：

- 1 有効焦点距離=28.00 Fナンバー=F/8.00
 セミ・フィールド=31.46度 バックフォーカス=17.38
 セミ・ダイアゴナル=17.17 フロントフォーカス=25.96
 フォーマット=16.7×30.0 ベストフォーカス=+0.00

主要波長は546nm、色消し範囲は440～650nm。
 屈折率が1.590、アッペ数が30.9であるプラスチック材。

波長(μm)	屈折率
0.65000000	1.585337
0.54610000	1.594949
0.44000000	1.614252

2 像面は、半径-120の円筒。像フォーマットの長
 辺は、円筒の湾曲半径に沿って測定される。

像高	画角	口径比
5.75	11.59	F/8.0
12.04	23.18	F/8.0

※17.17	31.46	F/8.0
瞳	位置	直径
入射瞳	7.42	3.51
出射瞳	-6.11	2.94

3 像フォーマットの対角線に沿ってベストフォーカス
 位置において、MTF値は規定され、波長650、546、
 1、および440nmを使用して、それぞれ、.35、.5、
 および.15の重みづけをした。このレンズ
 30 方程式は、両面非球部材の第1面で第2面に対するず
 れが、.025という、最低MTF像劣化を有するべく
 設計されている。

※

定格レンズシステム

			パーセントフィールド(μm/ミル/ミル/ミル)						
Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%	
8.0	7.	92	91/91	90/89	89/88	90/86	90/84	90/84	
8.0	12.5	83	81/80	78/76	77/74	77/71	78/69	80/66	
8.0	22.	66	66/62	61/57	60/54	61/52	62/50	62/44	

面3上での偏心が+、0.25mmである振動レンズシステム

			パーセントフィールド(μm/ミル/ミル/ミル)						
Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%	
8.0	7.	92/92	91/90	89/88	88/86	88/82	88/79	89/82	
8.0	12.5	82/82	80/79	76/74	74/69	74/65	75/62	77/67	

面3上での偏心が-、0.25mmである振動レンズシステム

			パーセントフィールド(μm/ミル/ミル/ミル)						
Fナンバー	L/MM	軸上	38%	57%	71%	86%	95%	100%	

31

8.0	7.	92/92	92/90
8.0	12.5	82/82	81/77

【0089】本発明に基づく光学システムは、像のアスペクト比が大きく、像の長辺が円筒像面に沿って湾曲しているカメラにおいて、特に適しており、低いF/ナンバー、すなわちF/8というようなF/11より低いF/ナンバーを提供しつつ、はるかに低速の光学システム（たとえば、F/14レンズシステム）の性能を維持することができるという利点を有する。

【0090】好ましい実施形態において、本発明は、米国特許出願第08/366、600号のカメラに組み込まれ、対物レンズ112を含むべく変形される。しかしながら、上記実施形態において、シャッターブレードは、開口絞り位置、すなわちレンズ10_kの2つのレンズ部材の間に配設される。

【0091】非球面の導入は、ここに示された特定の例に限定されるものではない。

【0092】当業者にとっては、本発明の範囲内において、様々な変形が可能となるであろう。従って、以上述べた実施形態は、あくまでも例であって、これらに限定されるという意味ではない。このように、本発明は、好ましい実施形態に沿って説明されてきたが、本発明の精神、範囲内で様々な変形が可能であることがわかるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10aの概略を示す。このレンズシステム10aの収差曲線を図2～図7に示す。

【図2】レンズシステム10aにおける縦方向の球面収差を示す。

【図3】レンズシステム10aにおける非点収差を示す。

【図4】レンズシステム10aにおける光線遮断曲線を示す。

【図5】レンズシステム10aにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図6】レンズシステム10aにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図7】レンズシステム10aにおける色別MTFを示す。

【図8】第2の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10bの概略を示す。このレンズシステムの収差曲線を以下図9～図14に示す。

【図9】レンズシステム10bにおける縦方向の球面収差を示す。

【図10】レンズシステム10bにおける非点収差を示す。

【図11】レンズシステム10bにおける光線遮断曲線を示す。

【図12】レンズシステム10bにおけるフィールドの

32

90/87	90/85	90/83	90/81	90/77
79/71	78/67	79/61	79/59	79/11

横方向色収差を示す。

【図13】レンズシステム10bにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図14】レンズシステム10bにおける色別MTFを示す。

【図15】第3の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10cの概略を示す。このレンズシステム10cの収差曲線を以下図16～図21に示す。

【図16】レンズシステム10cにおける縦方向の球面収差を示す。

【図17】レンズシステム10cにおける非点収差を示す。

【図18】レンズシステム10cにおける光線遮断曲線を示す。

【図19】レンズシステム10cにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図20】レンズシステム10cにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図21】レンズシステム10cにおける色別MTFを示す。

【図22】第4の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10dの概略を示す。このレンズシステム10dの収差曲線を以下図23～図28に示す。

【図23】レンズシステム10dにおける縦方向の球面収差を示す。

【図24】レンズシステム10dにおける非点収差を示す。

【図25】レンズシステム10dにおける光線遮断曲線を示す。

【図26】レンズシステム10dにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図27】レンズシステム10dにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図28】レンズシステム10dにおける色別MTFを示す。

【図29】第5の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10eの概略を示す。このレンズシステム10eの収差曲線を以下図30～図35に示す。

【図30】レンズシステム10eにおける縦方向の球面収差を示す。

【図31】レンズシステム10eにおける非点収差を示す。

【図32】レンズシステム10eにおける光線遮断曲線を示す。

【図33】レンズシステム10eにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図34】レンズシステム10eにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図35】レンズシステム10eにおける色別MTFを示す。

【図36】第6の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10fの概略を示す。このレンズシステム10fの収差曲線を以下図37～図42に示す。

【図37】レンズシステム10fにおける縦方向の球面収差を示す。

【図38】レンズシステム10fにおける非点収差を示す。

【図39】レンズシステム10fにおける光線遮断曲線を示す。

【図40】レンズシステム10fにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図41】レンズシステム10fにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図42】レンズシステム10fにおける色別MTFを示す。

【図43】第7の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10gの概略を示す。このレンズシステム10gの収差曲線を以下図44～図49に示す。

【図44】レンズシステム10gにおける縦方向の球面収差を示す。

【図45】レンズシステム10gにおける非点収差を示す。

【図46】レンズシステム10gにおける光線遮断曲線を示す。

【図47】レンズシステム10gにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図48】レンズシステム10gにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図49】レンズシステム10gにおける色別MTFを示す。

【図50】第8の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10hの概略を示す。このレンズシステム10hの収差曲線を以下図51～図56に示す。

【図51】レンズシステム10hにおける縦方向の球面収差を示す。

【図52】レンズシステム10hにおける非点収差を示す。

【図53】レンズシステム10hにおける光線遮断曲線を示す。

【図54】レンズシステム10hにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

【図55】レンズシステム10hにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図56】レンズシステム10hにおける色別MTFを示す。

【図57】第9の好ましい実施形態に基づくレンズシステム10iの概略を示す。このレンズシステム10iの収差曲線を以下図58～図63に示す。

【図58】レンズシステム10iにおける縦方向の球面収差を示す。

【図59】レンズシステム10iにおける非点収差を示す。

【図60】レンズシステム10iにおける光線遮断曲線を示す。

【図61】レンズシステム10iにおけるフィールドの横方向色収差を示す。

20 【図62】レンズシステム10iにおける主要波長における歪曲収差を示す。

【図63】レンズシステム10iにおける色別MTFを示す。

【図64】10a～10iのようなレンズシステムを取り入れたりサイクル可能な使い捨てカメラの展開斜視図である。

【図65】図1および図64に示された使い捨てカメラ100の前面斜視図である。

30 【図66】図64および図65に示された使い捨てカメラの前面部分斜視図である。

【図67】図64乃至図68に示されたカメラの部分展開背面図である。

【図68】図67の使い捨てカメラの部分背面図で、フィルムカセットの再装填の様子を示す。

【符号の説明】

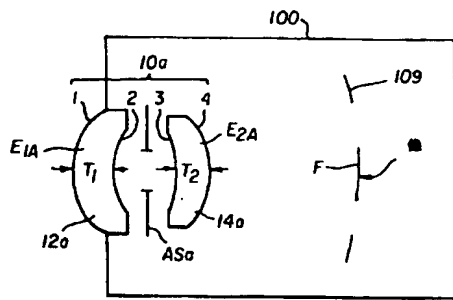
10a～10i 光学システム

12a～12i、14a～14i 単一レンズ部材

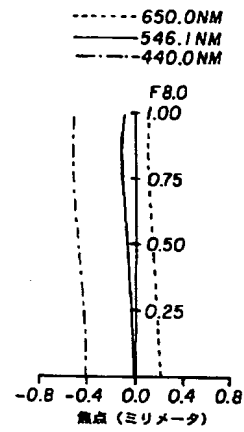
ASa～ASi 開口絞り

100 カメラ

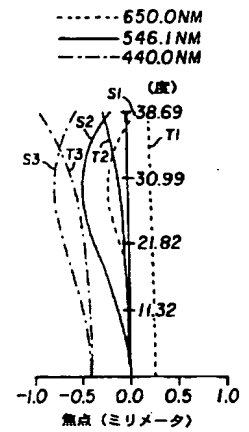
【図1】



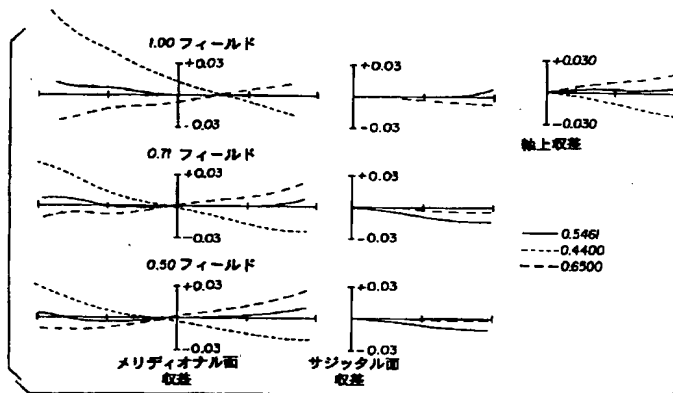
【図2】



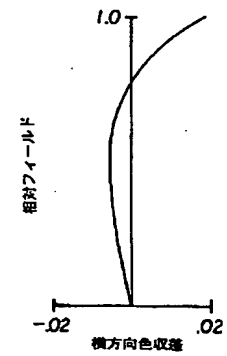
【図3】



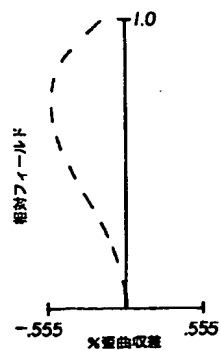
【図4】



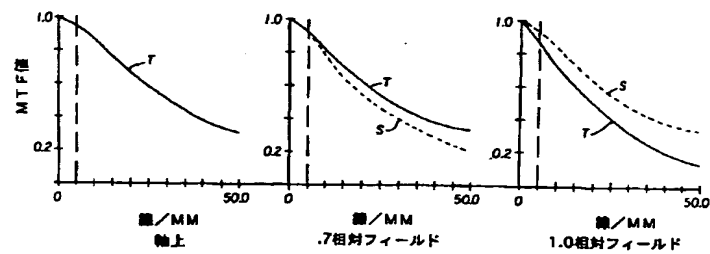
【図5】



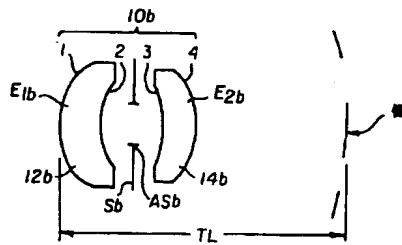
【図6】



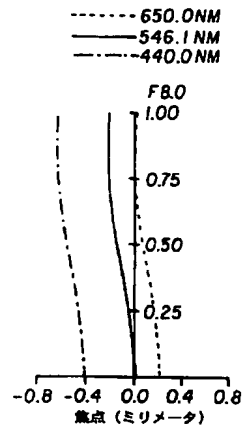
【図7】



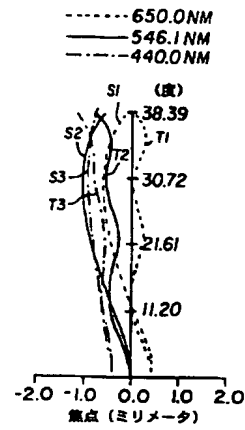
【図8】



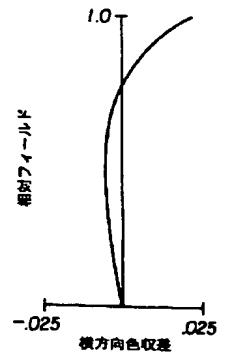
【図9】



【図10】

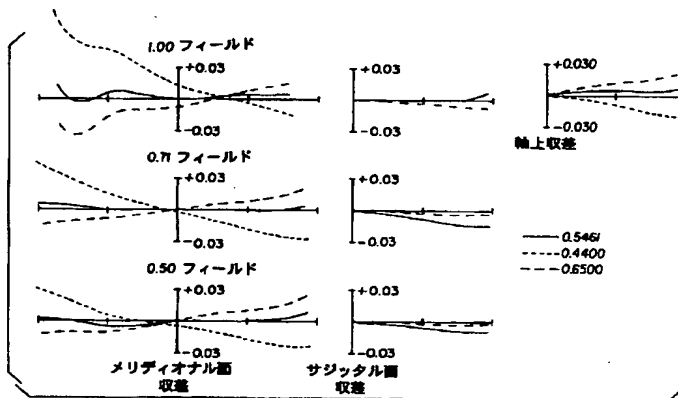


【図12】

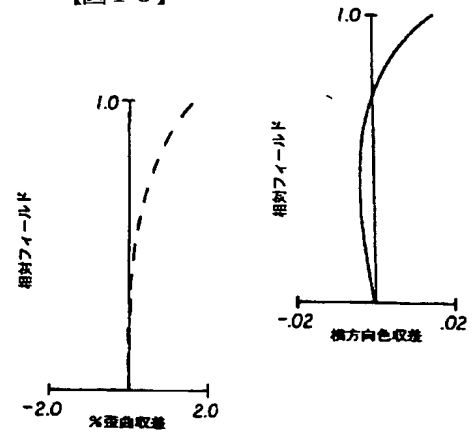


【図26】

【図11】

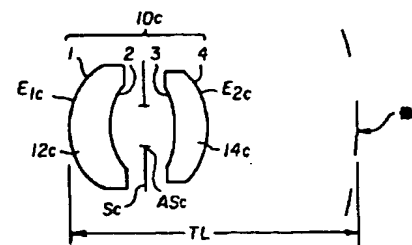
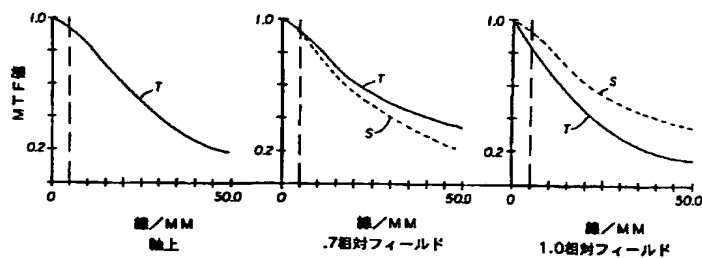


【図13】

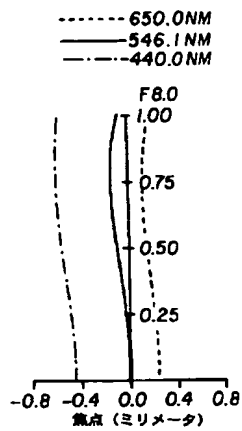


【図15】

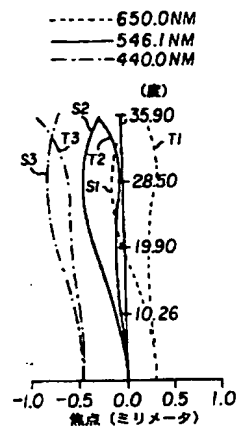
【図14】



【図16】



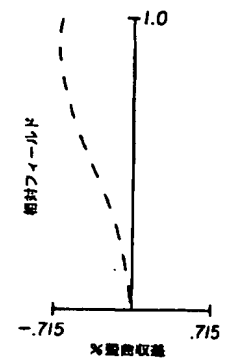
【図17】



【図19】

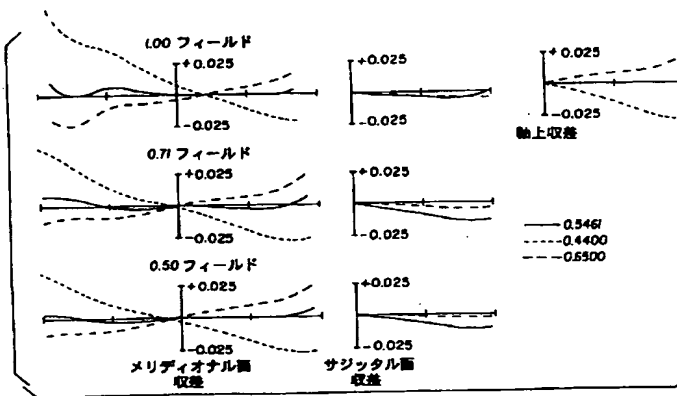


【図20】

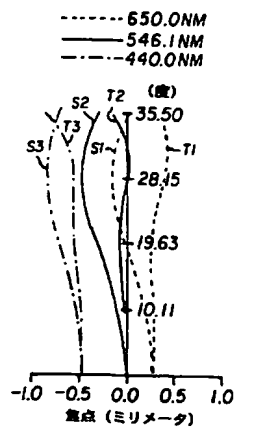


【図23】

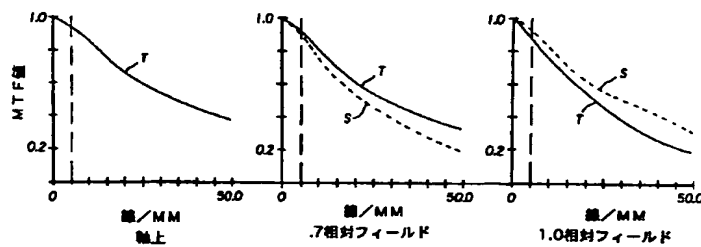
【図18】



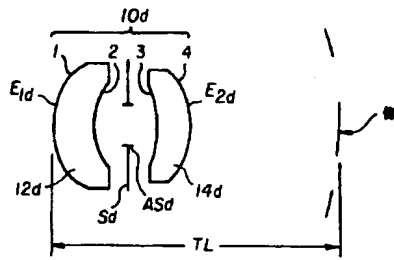
【図24】



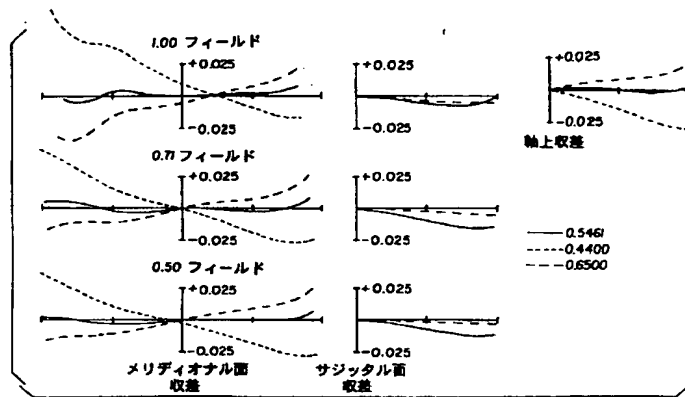
【図21】



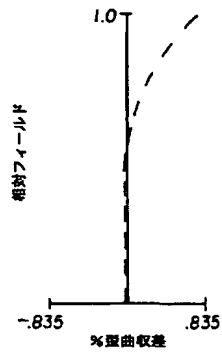
【図22】



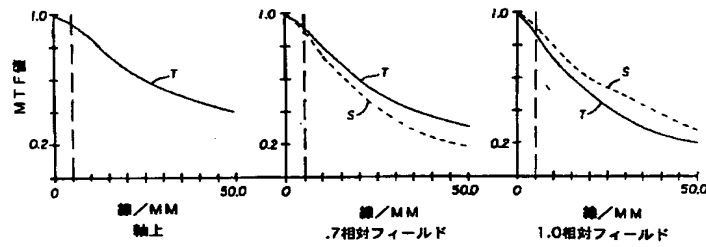
【図25】



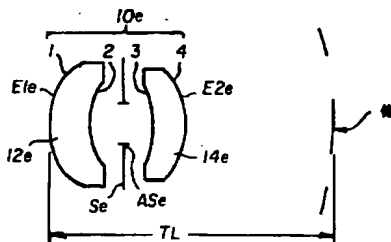
【図27】



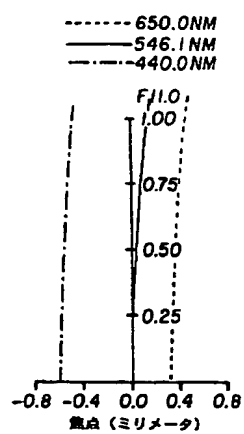
【図28】



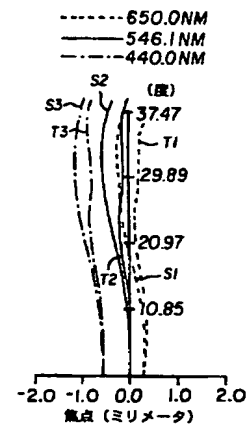
【図29】



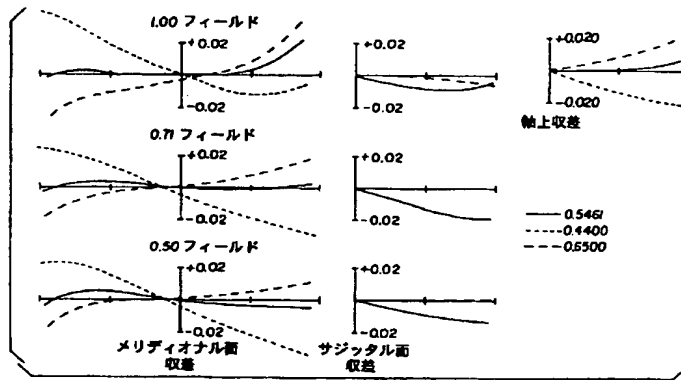
【図30】



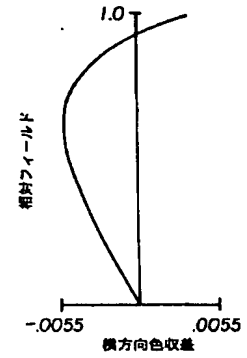
【図31】



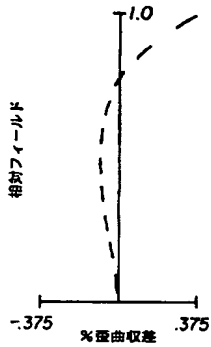
【図32】



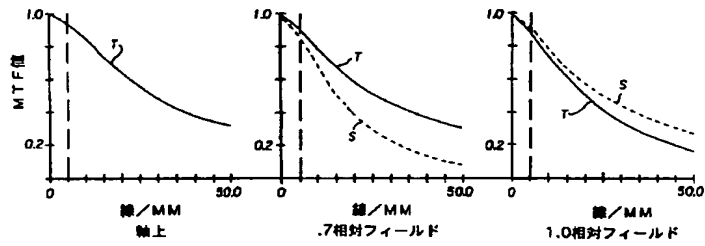
【図33】



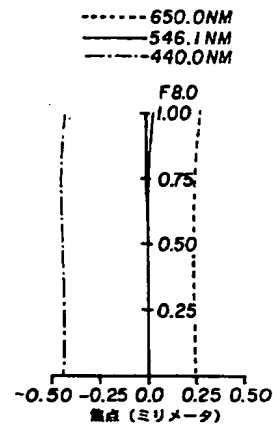
【図34】



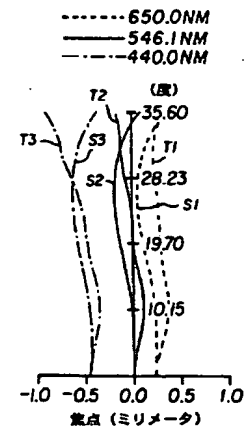
【図35】



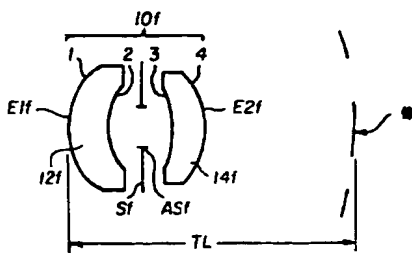
【図37】



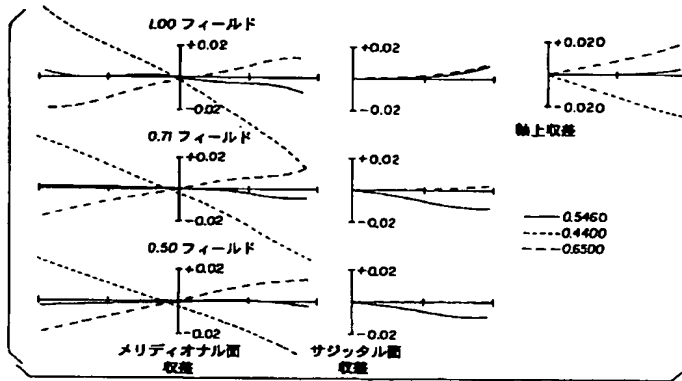
【図38】



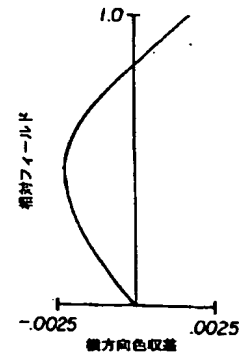
【図36】



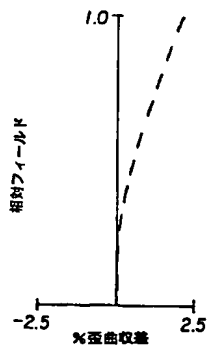
【図39】



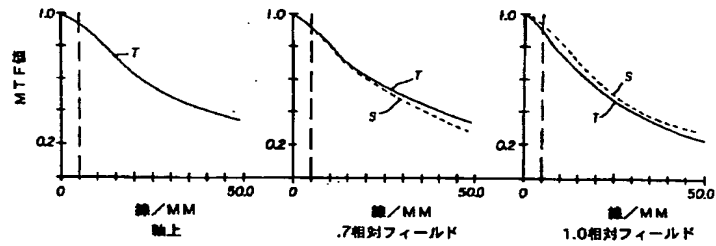
【図40】



【図41】



【図42】

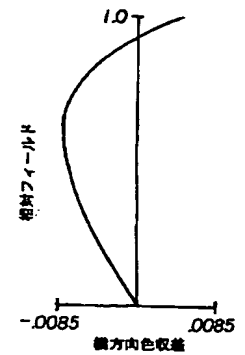
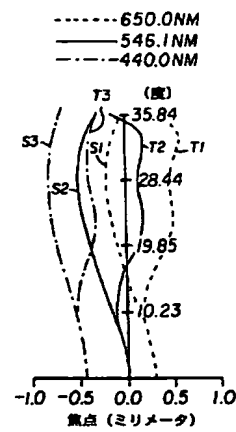
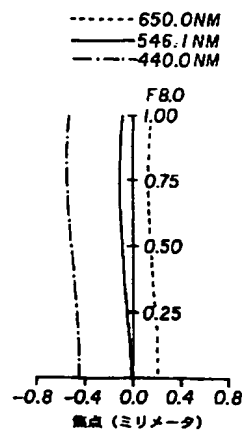
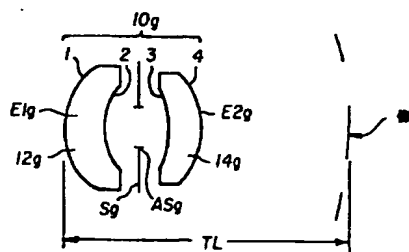


【図44】

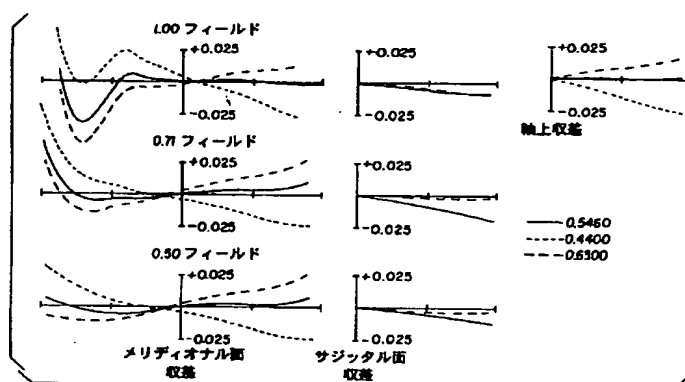
【図45】

【図47】

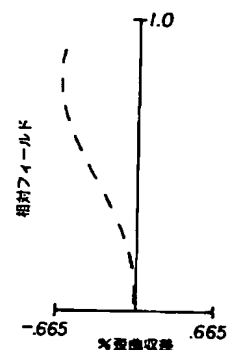
【図43】



【図46】

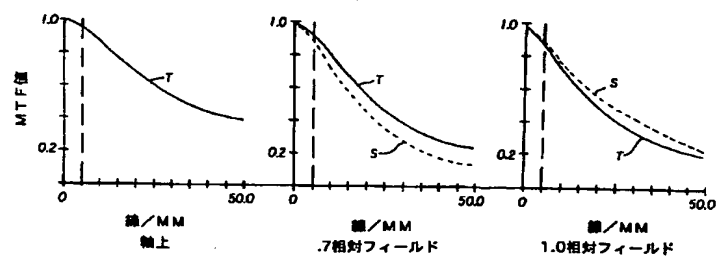


【図48】

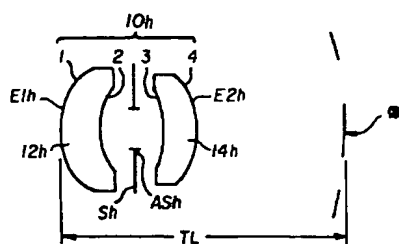


【図51】

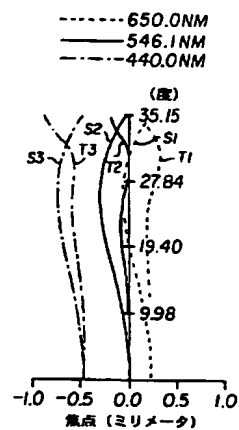
【図49】



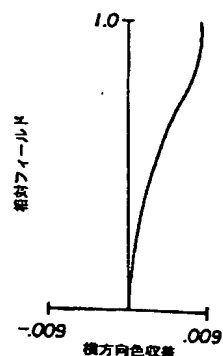
【図50】



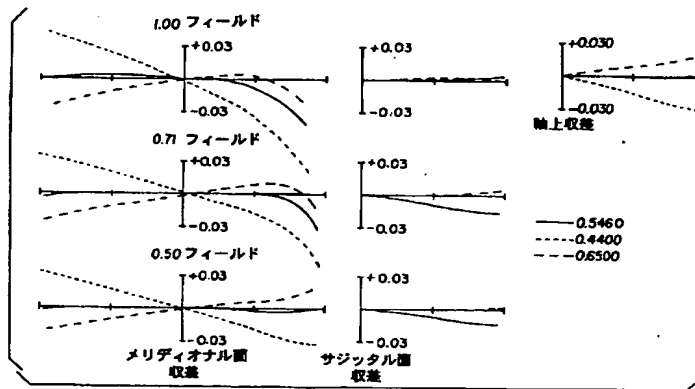
【図52】



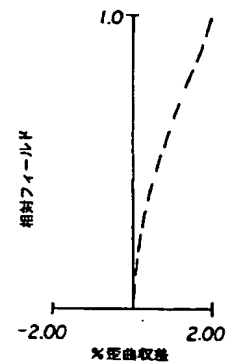
【図54】



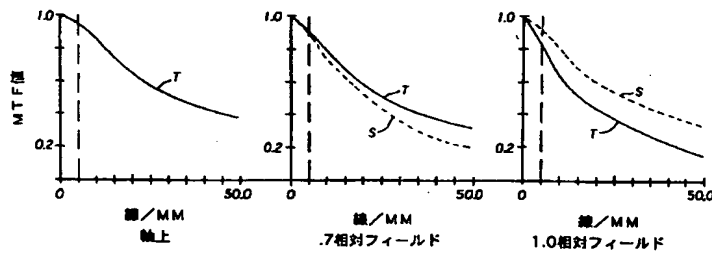
【図53】



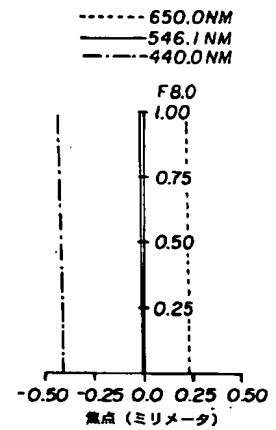
【図55】



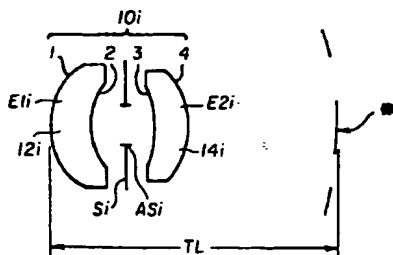
【図56】



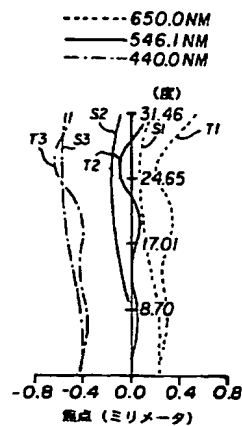
【図58】



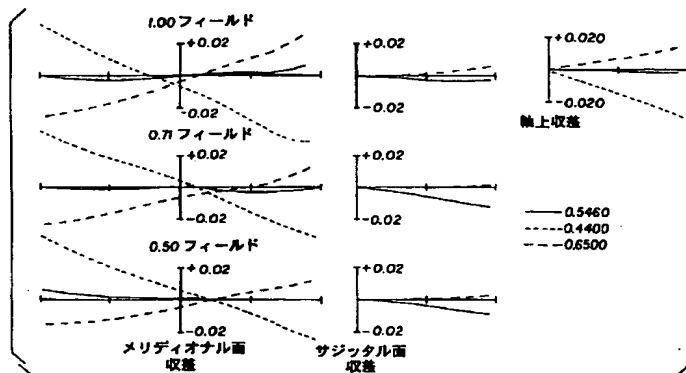
【図57】



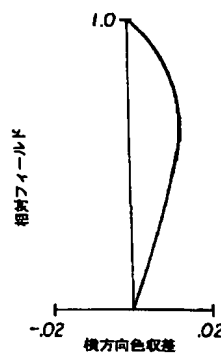
【図59】



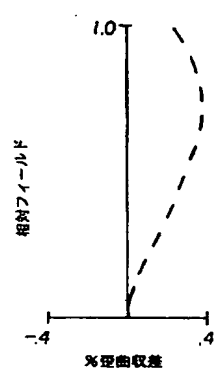
【図60】



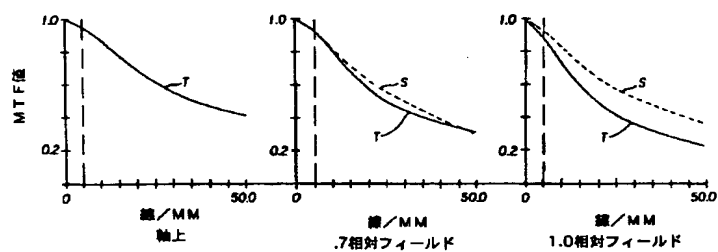
【図 6 1】



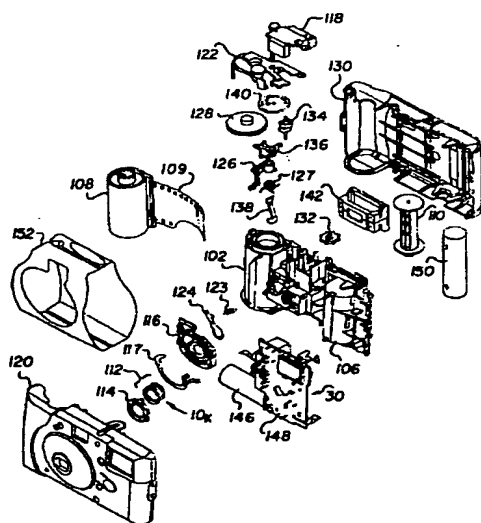
【图 6 2】



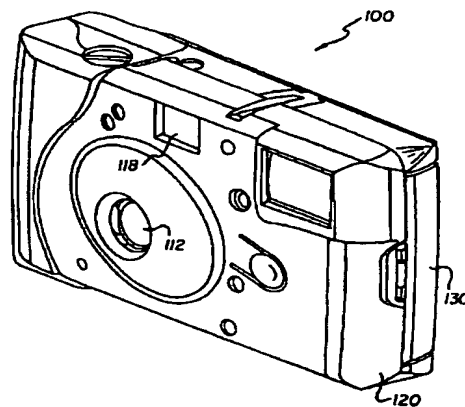
【図 6 3】



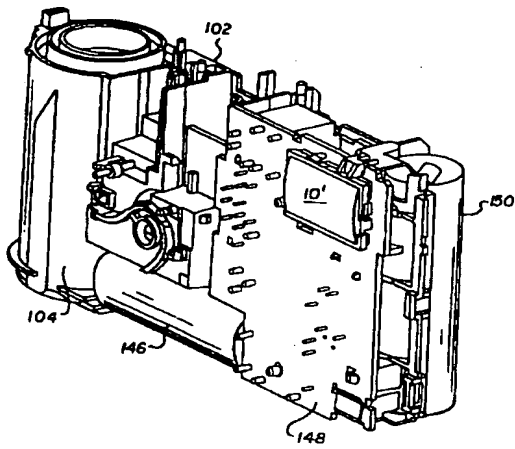
【図 64】



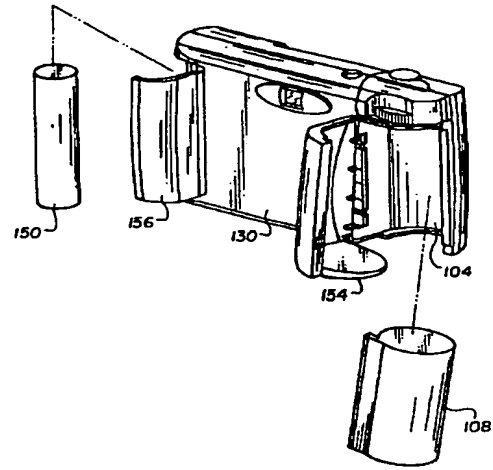
【図 6 5】



【図66】



【図67】



【図68】

